

## 电子的反常特性\*

# Anomalous Characteristics of an Electron

焦善庆<sup>1</sup>, 许弟余<sup>2</sup>, 龚自正<sup>3</sup>, 蒋从元<sup>2</sup>

JIAO Shan-qing<sup>1</sup>, XU Di-yu<sup>2</sup>, GONG Zi-zheng<sup>3</sup>, JIANG Cong-yuan<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学理学院物理系, 四川成都 610031; 2. 四川职业技术学院物理系, 四川遂宁 629000; 3. 中国空间技术研究院总装与环境工程部, 北京 100094)

(1. Department of Physics, Science College, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan, 610031, China; 2. Department of Physics, Sichuan Vocational and Technical College, Suining, Sichuan, 629000, China; 3. Department of Integration and Spacecraft Environmental, CAST, Beijing, 100094, China)

**摘要:**用 Dirac 大数 D、Planck 大数 A 计算了电子的反常质量  $\Delta m_e$ 、反常电荷  $\Delta Q_e$ 、反常磁矩  $\Delta \mu_e$ , 据此算出电子的半径  $r_e \approx 10^{-16} \text{cm}$  与实验很好相符。中微子也有反常, 反常量是轻子亚夸克结构动态模型的必然结果。且反常  $\Delta m_e$ 、 $\Delta Q_e$  间存在相互关联, 满足质-荷联合守恒律, 据此亦可定出  $\Delta Q_e$  的结果。若把电子视为可压缩性极小的量子液滴, 其内的亚夸克在平衡位置附近作谐振动导致了电子等体积表面形变, 产生的电、磁对称破缺是出现反常量的根源。电子可视为谐振子系统, 可估计出  $\frac{\Delta r_e}{r_e}$  的相对量值非常微小。

**关键词:**电子 反常量 质-荷联合守恒 量子液滴 谐振子 亚夸克

**中图分类号:** O752.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2007)04-0389-04

**Abstract:** Anomalous mass  $\Delta m_e$ , anomalous charge  $\Delta Q_e$  and anomalous magnetic moment  $\Delta \mu_e$  are calculated by using Dirac's large number D and Planck's large number. On these grounds, the radius of an electron is calculated, which is  $r_e = 10^{-16} \text{cm}$  and tallies well with the experiment. There is anomalousness in a neutrino as well, and the anomalous quantities are the inevitable outcome of the dynamical model of the subquark structure of a lepton. And there is inter-correlation between anomalous  $\Delta m_e$  and anomalous  $\Delta Q_e$ , which satisfies the combined mass-charge conservation law, and the value  $\Delta Q_e$  can be determined accordingly. If an electron is regarded as a quantum liquid drop which is little compressible, its inside harmonic oscillation of subquarks near the equilibrium positions leads to equal-volume surface deformation of an electron and the electromagnetic symmetry violation emerging is the origin of anomalous quantity. An electron can be looked upon as a harmonic-oscillator system, and relative value  $\frac{\Delta r_e}{r_e}$  can be estimated. It is very small.

**Key words:** electron, anomalous quantity, combined mass-charge conservation law, quantum liquid-drop, harmonic oscillator, subquark

电子的电荷  $e$  及质量  $m_e$  与 Dirac 大数  $D \approx 10^{39}$ 、Planck 大数  $A = 1.22 \times 10^{19}$  有关, 电量及精细结构常数  $\alpha$  可由两个大数 D 和 A 算出, 且与实验相符<sup>[1]</sup>。但

是最近研究发现: 中微子有质量,  $m_\nu \approx (0.07 \pm 0.04) \text{eV}^{[2]}$ , 有磁矩  $\mu_\nu \approx 10^{-10} \mu_B^{[3]}$ , 最近又有  $\alpha$  值变化的证据。说明轻子存在反常质量  $\Delta m_e$ , 反常电荷  $\Delta Q_e$ , 反常磁矩  $\Delta \mu_e$ , 电子电量可变, 中微子不是中性的。

将  $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$  与 D、A、 $m_e$ 、 $m_N$  的关系加以推广, 容易得反常量  $\Delta \alpha_e$ 、 $\Delta Q_e$ 、 $\Delta m_e$  与 D、A 的关系式, 算出  $\Delta Q_e$  和  $\Delta \mu_e$ , 以及用  $\Delta \mu_e$  估算出的电子半径  $r_e$  均与惯用实验

收稿日期: 2007-05-11

修回日期: 2007-08-27

作者简介: 焦善庆(1928-), 男, 教授, 主要从事理论物理教学和研究工作。

\* 国家自然科学基金项目(40474033)资助。

值一致<sup>[4]</sup>. 这些结论揭露了电子电荷和质量的内在关联.

轻子的反常量是轻子有结构的可观测效应<sup>[4]</sup>, 是轻子亚夸克结构动态模型的必然结果. 利用相对论关系式可以导出质-荷联合守恒律, 发展原质-荷分别守恒的观点. 据此, 算得的反常荷  $\Delta Q_e$  也与 D、A 方法有相同的结果.

与原子核类相比, 将电子视为可以压缩性极小的等体积表面形变的量子液滴, 其内具有亚夸克的单体自由运动和相互牵拉的结团运动, 可以归结为在形变空间原点  $E(0, 0, 0)$  附近以形变参数  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  表述的谐振系统<sup>[5]</sup>. 振荡的产生、湮灭算符, 完全可以构造  $SU(3)$  群,  $SU(2)$  子群结构表示<sup>[6]</sup>.

电子内亚夸克运动产生的自发对称破缺使电子获得反常质量  $\Delta m_e$ , 由于质-荷是联合守恒的,  $\frac{\Delta r}{r}$  改变导致的  $\Delta m_e$ , 可以用反常荷  $\Delta Q_e$  来补偿, 求解  $\frac{\Delta r_e}{r_e}$  与  $\Delta Q_e, \Delta m_e$  的平衡方程<sup>[7]</sup>, 算出相对线度的大小, 说明它确是可压缩性很小的谐振系统.

目前一些国际实验组研究报告<sup>[8,9]</sup>, 光子的夸克/胶子结构是由胶子弦把夸克、反夸克粘合在一起的系统. 其结构函数、形状因子正研究中, 因此中微子、电子的结构问题也应引起人们关注.

## 1 电子的奇异特性

Dirac 研究氢原子系统的电力与引力相互作用之比时, 得到

$$\frac{e^2}{Gm_e m_N} \approx 2D, \text{Dirac 大数 } D \approx 10^{39}. \quad (1)$$

引力常数  $G$  与 Planck 质量  $m_{pl}$ , Planck 大数  $A$  之间存在如下关联:

$$m_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = A m_N, A \approx 1.22 \times 10^{19}. \quad (2)$$

由(1)式和(2)式易得电磁相互作用常数

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} = 2D m_e / A^2 m_N. \quad (3)$$

电子静质量取  $m_e \approx 0.51 \text{ MeV}$ , 质子静质量取  $m_N \approx 938 \text{ MeV}$ ,  $\hbar, c$  分别为 Planck 常数和光速, 由(3)式算得的电、磁相互作用常数  $\alpha^{[1]}$  为

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137.0246}, \quad (4)$$

与实验惯用值  $\alpha \approx \frac{1}{137.036}$  相符甚好.

最近有实验迹象显示,  $\alpha$  值不是常数, 是可变的<sup>[1]</sup>.

在电子的亚夸克结构动态模型中, 轻子出现反常量  $\Delta m_e, \Delta Q_e, \Delta \alpha_e, \Delta \mu_e$ , 是电子存在亚结构的可观测

效应<sup>[4]</sup>. 从遥远星空射来的光, 是宇宙极早期的光子, 起码是在宇宙暴胀时产生的光子, 是现时光子的超对称伴子, 质量是现时光子质量的  $10^{12}$  倍. 现时光子既然有结构, 自然应有质量,  $m_\gamma \leq 10^{-62} \text{ g}$  (粒子表中值)<sup>[9]</sup>, 所以从遥远星空射来的光子与电子碰撞能引起电子内结构的改变, 产生反常的  $\Delta m_e$  及  $\Delta Q_e$ , 从而使  $m_e \rightarrow m_e + \Delta m_e, e \rightarrow e + \Delta Q_e, \alpha \rightarrow \alpha + \Delta \alpha$ , 则(3)式可以自然地推广为

$$\alpha + \Delta \alpha = \frac{(e + \Delta Q_e)^2}{\hbar c} = \frac{2D(m_e + \Delta m_e)}{A^2 m_N}. \quad (5)$$

在  $(e + \Delta Q_e)^2$  展开式中,  $(\Delta Q_e)^2$  项太小, 可以略去, 易得

$$\alpha + \Delta \alpha = \frac{e^2 + 2e\Delta Q_e}{\hbar c} = \frac{2Dm_e + 2D\Delta m_e}{A^2 m_N} \quad (6)$$

可见反常  $\Delta \alpha$  值由反常质量  $\Delta m_e$  或反常电荷  $\Delta Q_e$  所引起.  $\Delta m_e$  与  $\Delta Q_e$  的关系为

$$\Delta Q_e = \frac{D \cdot \Delta m_e \hbar c}{A^2 e m_N}. \quad (7)$$

由于中微子  $\nu_e(q_1, g, g)$  与电子  $e(q_2, g, g)$  同为第一代轻子, 只是味亚夸克  $q_1, q_2$  不同, 而它们的代场相同, 两者质量相近<sup>[4]</sup>, 束缚势相近, 因此  $\nu_e$  与  $e$  相应的波函数虽不完全重合, 但也相差不大, 可以近似假设  $\Delta m_{\nu_e} \approx \Delta m_e$ .

电子中微子的静质量  $m_{\nu_e} = 0$  已为人们所熟知,  $\nu_e$  的“反常”质量  $\Delta m_{\nu_e} \neq 0$ . 在天体演化第二类阻尼流标度的研究取  $m_{\nu_e} = \Delta m_{\nu_e} = 0.1 \text{ eV}$ , 得到大尺度结构宇宙天体的质量和半径与观测值相近. 超神冈实验测量中微子质量的下限则为  $\Delta m_{\nu_e} \approx (0.07 \pm 0.04) \text{ eV}$ <sup>[2]</sup>, 据太阳中微子穿越太阳磁场观测到的数据, 算得  $\mu_{\nu_e} = \Delta \mu_{\nu_e} = 10^{-10} \mu_B$ <sup>[3]</sup>, 也说明  $m_{\nu_e} = \Delta m_{\nu_e} \approx 0.1 \text{ eV}$ , 因此根据  $m_{\nu_e} = \Delta m_{\nu_e} \approx 0.1 \text{ eV}$ , 由(7)式算得

$$\Delta Q_e \approx 1.57 \times 10^{-26} \text{ C}. \quad (8)$$

据此, 完全可以认为电磁作用常数反常, 完全是由于反电量  $\Delta Q_e$  或反常质量  $\Delta m_e$  所引起的.

作为验证, 利用(8)式给出的结果计算电子的反常磁矩  $\Delta \mu_e$ , 进而估算电子半径的结果都与实验值很好相符. 算得

$$\Delta \mu_e = \frac{\Delta Q_e \cdot \hbar}{2\Delta m_e c} \approx 2.4 \times 10^{-10} \mu_B. \quad (9)$$

$\mu_B$  为玻尔磁子.

类似地也算得  $\mu$  子的反常磁矩为

$$\Delta \mu_\mu = 1.3 \times 10^{-8} \mu_\mu. \quad (10)$$

Kinosita 和 Lindquist<sup>[4]</sup> 计算得出

$$\text{电子: } \Delta \mu_e \approx (2.51 \pm 1.54) \times 10^{-10} \mu_B,$$

$$\mu \text{ 子: } \Delta \mu_\mu \approx (0.1 \pm 1.9) \times 10^{-8} \mu_\mu.$$

为了进一步验证, 如果利用亚规范理论及亚夸

克动力学,也可以算出亚结构的反常磁矩

$$\Delta\mu_e = 4\alpha m_e / 9\pi M_{\text{亚}}, \quad (11)$$

(11) 式中  $\alpha$  为电磁作用常数,  $m_e$  为电子的静质量,  $M_{\text{亚}}$  为亚夸克质量<sup>[4]</sup>. 由(9)式和(11)式可以估计出

$$M_{\text{亚}} = 9.2\text{TeV}, \quad (12)$$

电子半径

$$r_e = \frac{1}{\sqrt{M_{\text{亚}}}} = 4 \times 10^{-16}\text{cm}. \quad (13)$$

目前电子的半径惯用值为  $r_e \approx 10^{-16}\text{cm}$ <sup>[10]</sup>, 在宇宙演化的阻尼流标度理论中, 得  $r_e \approx 10^{-17}\text{cm}$ <sup>[11]</sup>, 因阻尼流标度理论给出的是最小值.

另外, 电子“反常”的发生, 若的确来自其内亚夸克运动状态的变异, 则相对论中动、静质量的关系可表示为

$$\frac{m_e + \Delta m_e}{m_e} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_{\text{亚}}^2}{c^2}}}. \quad (14)$$

利用质量和电量的规范式  $m_e = \frac{e^2}{c^2 r}$ , 设  $r$  不随运动而变, 则有

$$\frac{(e + \Delta Q_e)^2}{e^2} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_{\text{亚}}^2}{c^2}}}. \quad (15)$$

由(14)式和(15)式略去  $\Delta Q_e^2$  项, 得

$$\Delta Q_e = \frac{e\Delta m_e}{2m_e}. \quad (16)$$

取  $m_e = 0.51\text{MeV}$ ,  $\Delta m_e = 0.1\text{eV}$ ,  $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ , 算得电子的反常荷  $\Delta Q_e = 1.57 \times 10^{-26}\text{C}$  与(8)式的结果相同.

可见, 电子、中微子的反常量  $\Delta m_e$ 、 $\Delta Q_e$ 、 $\Delta\mu_e$ 、 $\Delta m_{\nu_e}$ 、 $\Delta Q_{\nu_e}$ 、 $\Delta\mu_{\nu_e}$  与其内亚夸克的运动相关, 是电子、中微子结构动态模型的可观测效应.

## 2 电子是可压缩性极小的谐振荡系统

与光子<sup>[8]</sup>类似, 轻子  $e$ 、 $\nu_e$  也可能是以胶子弦相互联结的夸克 / 反夸克轻子共振系统.

我们熟知光子由正、负电子合成, 内部的亚夸克因运动而产生两对色亚夸克  $b_c$ , 湮灭一对无色、无味亚夸克  $g$ , 其中一对  $b_c \bar{b}_c$  用于提供正负生成夸克对, 另一对  $b_c \bar{b}_c$  则是粘合它们的胶子弦. 利用亚夸克的观点, 则文献<sup>[8,9]</sup>出现的实验事实不难理解

$$\begin{aligned} \gamma &= e^{-1}(q_2, g, g) + \\ &e^{-}(\bar{q}_2, \bar{g}, \bar{g}) \xrightarrow[\text{产生两对 } b_c \bar{b}_c \text{ (或从海中浮获)}]{\text{湮灭 } g \bar{g} \text{ (或交于海中)}} \\ &Q_2^{-\frac{1}{3}}(q_2, b_c, g) + b_c \bar{b}_c + \bar{Q}_2^{-\frac{1}{3}}(\bar{q}_2, \bar{b}_c, \bar{g}). \end{aligned} \quad (17)$$

关于电子  $e^{-1}(q_2, g, g)$ , 则是胶子弦将夸克与反

夸克 / 轻子共振态粘合在一起的系统, 反夸克 / 轻子共振而被西欧核子研究中心发现<sup>[9]</sup>

$$\begin{aligned} e^{-1}(q_2, g, g) &= Q_2^{-\frac{1}{3}}(q_2, b_c, g) + b_c \bar{b}_c + (\bar{b}_c g)^{-\frac{2}{3}} \\ &\xrightarrow[\text{浮获一对 } q_2 \bar{q}_2, \text{ 一对 } g \bar{g}]{\text{}} \\ &\rightarrow \bar{Q}_2(\bar{q}_2, \bar{b}_c, \bar{g}) / e(q_2, g, g). \end{aligned} \quad (18)$$

同理也可以得出关于中微子的结构

$$\begin{aligned} \nu_e^0(q_1, g, g) &= Q_1^{\frac{2}{3}}(q_1, b_c, g) + b_c \bar{b}_c + (\bar{b}_c g)^{-\frac{2}{3}} \\ &\xrightarrow[\text{}}{\text{}} \\ &\rightarrow \bar{Q}_1(\bar{q}_1, \bar{b}_c, \bar{g}) / \nu_e^0(q_1, g, g). \end{aligned} \quad (19)$$

构成轻子的亚夸克, 在微小的空间内存在二元运动(即自由的单体运动、相互牵拉的结团运动), 电子类似于等体积的只有表面形变的可压缩性极小的量子液滴. 亚夸克在形变空间  $E(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = E(0, 0, 0)$  原点附近作谐振动.

形变表面在球极坐标系中可以表示为

$$R(\theta, \varphi) = R_0 \left[ 1 + \sum_{\lambda, \mu} \alpha_{\lambda, \mu} Y_{\lambda, \mu}(\cos\theta, \varphi) \right], \quad (20)$$

式中  $R_0$  为等体积半径,  $\alpha_{\lambda, \mu}$  为形变振幅,  $Y_{\lambda, \mu}(\cos\theta, \varphi)$  为球谐函数<sup>[6]</sup>. 只考虑四级形变情况下, 形变轻子在形变空间原点  $E(0, 0, 0)$  附近产生谐振动.

引入量子的产生算符、湮灭算符, 能够构成  $SU(3)$  群的无限小生成元和  $E-SU(3)$  的子群  $SU(2)$ <sup>[12,13]</sup>, 具有  $SU(3) \otimes SU(2) \otimes U(1)$  理论框架的要求.

电子由亚夸克  $q_2^{-\frac{1}{3}e}$  及双亚夸克  $(g, g)^{-\frac{2}{3}e}$  构成, 在静态下  $q_2$  与  $gg$  质心距离  $r$ , 静质量为  $m_e$ ,  $q_2^{-\frac{1}{3}e}$  及  $(g, g)^{-\frac{2}{3}e}$  有一定相互作用势能. 在动态下, 对称破缺使亚夸克获得质量对电子的贡献为  $\Delta m_e$  (与自由亚夸克质量  $M_{\text{亚}}$  不同).  $\Delta m_e$  可以与因两者质心距离改变  $\Delta r$  电势能的增减补偿, 由文献<sup>[9]</sup>给出的平衡方程解得

$$\Delta Q_e = \left[ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{8}{9} \frac{\Delta r_e}{r_e} \right)^{\frac{1}{2}} \right] e, \quad (21)$$

$$\text{算得 } \frac{\Delta r_e}{r_e} \approx 0.8 \times 10^{-19}.$$

可见, 电子的可压缩性是非常微小的<sup>[14]</sup>.

### 参考文献:

- [1] 焦善庆, 许弟余, 王璐. 电磁作用常数值及电子“反常荷”

- 计算[J]. 云南大学学报:自然科学版,2007,29(2):152-155.
- [2] 超神冈日,美国国际合作组. 中微子有质量和振荡[C]. 中国科学院高能物理参考资料,1998:1-9.
- [3] 叶子飘,戴长江,丁林凯. 中微子振荡能解决太阳中微子问题吗[J]. 大自然探索,1999,18(3):24-28.
- [4] 焦善庆,蓝其开. 亚夸克理论[M]. 重庆:重庆出版社,1996.
- [5] JIAO SHANQING. Some difficulties in establishing stardoeed model [J]. U S Popular worky by centuries world colebrities,1998(2):58-62.
- [6] JIAO SHANQING, YANG BENLI, WANG SHUJUAN. The deformation of Quark-Lepton and spinor space[J]. TAPPC,1997,1(1):113-116.
- [7] 焦善庆,江光佐. 中微子获得质量的物理根源[J]. 黄淮学刊,1999(2):1-5.
- [8] CERN COURIER. 光子结构[C]. 中国科学院高能物理研究所情报资料,1997:14-24.
- [9] 焦善庆,许弟余,周勋秀,等. 光子静质量和光子结构[J]. 云南大学学报:自然科学版,2005,27(6):461-403.
- [10] 沈经. 场与粒子理论的实验问题[C]. 世界学术文库. 北京:世界学术文库出版社,2000:563-584.
- [11] 焦善庆,杨本立,江光佐,等. 多成分宇宙中稳定粒子的质量和半径估算[J]. 云南大学学报:自然科学版,2001,23(2):119-121.
- [12] 焦善庆. 轻子结构模型和夸克-轻子对称[J]. 西南师范学院学报:自然科学版,1984(4):30-40.
- [13] JIAO SHANQING. The phenomenological calculation of mass for a Quark-Lepton[J]. IL Nuovo Cimento Letts, 1986,81:40-44.
- [14] 许弟余,焦善庆. 轻子形变的有效相对线度改变计算[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2002,27(5):722-725.

(责任编辑:邓大玉)

(上接第 388 页 Continue from page 388)

异。可见,用凝聚集团平均特征长度与粒子数关系所得到的分形维数并不理想。这可能与无规生长的复杂性有关。因为在聚集过程中,粒子的运动和聚集总是不可避免地同时受到外在的和内在的各种随机性的影响,这就使形成的凝聚集团不可能具有严格的自相似性结构,而是一种具有随机性和不确定性的无规则分形<sup>[11]</sup>。但从凝聚体平均特征长度与粒子数的双自然对数曲线呈现的线性关系,显然可以看出与凝聚集团自相性结构有关,因此我们认为利用其线性关系判断凝聚集团是否具有分形结构特征有一定的价值。

#### 参考文献:

- [1] MANDELBROT BB. Fractals, form, chance and dimension[M]. San Francisco, WH Freeman;1977.
- [2] WITTEN T A, SANDER L M. Diffusion-limited aggregation, a kinetic critical phenomenon[J]. Phys Rev Lett,1981,47(19):1400-1403.
- [3] GO' MEZ A, LUQUE J J CO'RDOBA A. Fractal structures for a catalysed reaction on homogeneous and fractal surfaces[J]. Chaos, Solitons and Fractals, 2005, 24:151-156.
- [4] MIYAGAWAA Y, HONJOB H, KATSURAGIB H. Contraction rate of diffusion-limited aggregation [J]. Journal of Crystal Growth, 2002, 240:287-291.
- [5] 况颐,陈彦光. DLA 和 DBM 模型与城市生长的分形模拟[J]. 信阳师范学院学报:自然科学版,2007,14(3):303-308.
- [6] 唐国宁. 具有表面张力的漂移 DLA 模型[J]. 华中师范大学学报,1996,30(2):158-163.
- [7] MEAKIN P. Diffusion-controlled cluster formation in 2-6 dimensional space[J]. Phys Rev A, 1983, 27(3):2616-2623.
- [8] 李军民,张义宽. 一个分形生长的计算机模拟及其维数[J]. 西安科技学院学报,2000,20(2):169-172.
- [9] 吴建章,徐昌业. DLA 模型与分形生和研究综述[J]. 山东工业大学学报,1996,26:403-409.
- [10] 谢云霞,罗文峰,李后强. 大气颗粒物的分形特征[J]. 世界科技研究与发展,2004,26(6):24-29.
- [11] 刘秉正,彭建华. 非线性动力学[M]. 北京:高等教育出版社,2004:301-353.

(责任编辑:尹 闯 邓大玉)